

\* NOTICES \*

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed description]

[0001]

[Field of the Invention] this invention makes record ink fly and relates to the ink-jet head and its manufacture technique of the ink-jet recording device which forms a character and a picture image.

[0002]

[Prior art] In order to make the minute ink drop which is a low running cost since the regular paper in which the high-speed record with easy color-izing whose process is an easy non-ambient noise since an ink-jet record is a direct record is possible can be used breathe out, it has the characteristic feature which was excellent in the grade which can record a high resolution, and the future attracts attention.

[0003] The stability of the ink drop which flew when the ink-jet head currently indicated by the Japanese Patent Publication No. 8953 [ 60 to ] official report etc. vibrated conventionally so that a variation rate may be carried out in the orientation in which a nozzle formation component and a piezoelectric transducer cross at right angles in general, and the passage between each nozzle passed in a short distance is good, and even when foreign matters, such as the foam and dust, mix into ink, it has the characteristic feature that an operation is normally maintainable, without these being influenced.

[0004] However, in an ink-jet head, although it is desirable that the regurgitation luminous efficacy and the flight force of a field to an ink drop of printing speed and a quality of printed character are large, the ink-jet head of the aforementioned structure is not enough as the amount of expansion and contraction per unit length of a piezoelectric transducer, or the amount of expansion and contraction per unit voltage, and the occurrence force is also the parvus. Therefore, in order to acquire the flight force required of a printing, the beam of a piezoelectric transducer was lengthened, or impression of a high voltage was needed, and there was a problem that a drive circuit and the cure against an electric insulation were complicated.

[0005] In order to solve such a problem, an internal electrode and a piezo electric crystal are piled up by turns, and the ink-jet head using the unified laminating type piezoelectric transducer is proposed as indicated by the Japanese Patent Publication No. 125343 [ 63 to ] official report etc. A laminating type piezoelectric transducer is adjusting the number of laminatings, does not drop the mechanical strength of a piezoelectric transducer, but can make small distance between layers of an internal electrode and an internal electrode as much as possible. Since thin-layer-ization of a piezo electric crystal has the effect which raises field strength, large low-battery-ization of a driver voltage is attained.

[0006]

[Object of the Invention] However, since the ink-jet head using the conventional laminating piezoelectric transducer mentioned above of the cutoff with ink is inadequate when the laminating type piezoelectric transducer itself is directly in contact with ink or it is intercepted, it will be limited to the ink with the electric insulation to use. Therefore, since priority was given to an electric insulation, it had the technical problem that it could not satisfy enough a high quality of printed character and a quick-drying one, by limiting record ink.

[0007] Especially, the metal which makes silver and silver-palladium a principal component is used for the internal electrode material of a laminating type piezoelectric transducer, and it was easy to generate failure of the creeping discharge by the electromigration phenomenon, \*\*\*\* electric discharge, etc., and in spite of having not touched, in connection with presence of the humidity near an electrode, or high-density-izing of temperature and internal inter-electrode distance, it had the technical problem whose piezoelectric transducer touches ink that the aforementioned phenomenon was promoted.

[0008] Moreover, since a laminating type piezoelectric transducer sinters the ceramic powder and metal paste which contained the organic component so much and is manufactured, an organic component escapes from it after sintering, and it serves as the perforated space containing a detailed breakthrough (this hole is called hole). Therefore, the aforementioned phenomenon has possibility of generating also not only in the front face of a piezoelectric transducer but in the interior.

[0009] Then, the purpose of this invention solves these technical problems, makes all ink fly stably, and is to offer the ink-jet head which can attain high-speed and high definition printing and high-reliability, and its manufacture technique.

[0010]

[The means for solving a technical problem] The ink-jet head of this invention has the nozzle plate which has two or more nozzle openings, and the laminating type piezoelectric transducer which has been arranged behind this nozzle plate and which can be driven independently, and is characterized by forming the oxide layer of an electric insulation in the front face and hole of a laminating type piezoelectric transducer in the ink-jet head which makes the record ink between a nozzle plate and a laminating

type piezoelectric transducer breathe out.

[0011] Moreover, it is characterized by the manufacture technique of the ink-jet head of this invention forming the oxide layer of an electric insulation by applying the sol which the oxide particle distributed to the front face and hole of a laminating type piezoelectric transducer in the manufacture technique of an ink-jet head of having the nozzle plate which has two or more nozzle openings, and the laminating type piezoelectric transducer which has been arranged behind this nozzle plate and which can be driven independently, and making the record ink between a nozzle plate and a laminating type piezoelectric transducer breathing out.

[0012]

[Operation] According to this invention, since the oxide layer of an electric insulation is formed in a piezoelectric-transducer front face and a hole, the electric insulation of a piezoelectric transducer improves and dielectric breakdown is suppressed. Furthermore, in order to converge quickly the deck watertight luminaire by the oxide layer, damp-proof and heat-resistant enhancement, and the residual vibration of a laminating piezoelectric transducer, the stability of an oscillation characteristic can also be raised.

[0013]

[Example] Drawing 1 is the tropia cross section of the important section of an ink-jet head in this invention. A piezoelectric transducer 10 is the multilayer structure which accumulated a piezo electric crystal 11 and the electric conduction material 12a and 12b (the internal electrodes 12a and 12b are called hereafter.), such as a piezoelectric ceramics, by turns, respectively. Furthermore, the electric conduction material 14a and 14b (the external electrodes 14a and 14b are called hereafter.) is formed in the piezoelectric transducer 10, and, as for external electrode 14a, the electric conduction is made with internal electrode 12b, respectively, as for internal electrode 12a and external electrode 14b. As shown in drawing 3, the oxide layer 13 of an electric insulation is formed in surface 10a and hole 10b of a piezoelectric transducer 10 by the technique of mentioning later. Moreover, the piezoelectric transducer 10 is joined on the base component 15.

[0014] In such a configuration, the piezoelectric transducer 10 to which the electric field shown in drawing 2 when an electrical signal of operation is inputted into a piezoelectric transducer 10 were impressed is contracted in the orientation which intersects perpendicularly with a nozzle plate 16. If this electric field are canceled, according to the elastic stability of a piezoelectric transducer 10, a pressure will be applied to the ink 17 between nozzle plates 16, and an ink drop will carry out the regurgitation from the nozzle opening 18.

[0015] The manufacture technique is described below.

[0016] After applying to a piezoelectric-transducer front face fundamentally the organosol which made the organic solvent the primary-dispersion solvent for nonmetallic oxides, such as metallic oxides, such as aluminum, titanium, and a zirconium, and silicon, or those conjugated compounds as a dispersoid, the oxide layer of an electric insulation is formed in a piezoelectric-transducer front face and a hole by evaporating and drying a solvent. (Example 1)

The SiO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub>= weight ratio 65:35 used for the front face and hole of a piezoelectric transducer 10 20% of the solid contents which distributed ethanol to the dispersion medium made into a principal component, viscosity 7cP (centipoise), and the sol of 0.01 micrometers of mean particle diameters as an example 1.

[0017] First, a piezoelectric transducer 10 and the above-mentioned sol are separately installed in a pressurized container. The inside of a pressurized container is decompressed gradually, it goes, and a piezoelectric transducer 10 is immersed in a sol in the state of equilibrium pressure. And air is put in in a pressurized container, sealing of the hole is carried out to the front face of a piezoelectric transducer 10 using atmospheric pressure, and covering and restoration are carried out.

[0018] The technique and the spin coat which are immersed only in atmospheric pressure, without carrying out reduced pressure processing at a method of application after immersing a piezoelectric transducer 10 in the above-mentioned sol otherwise, and carrying out pressure operation, and a dipping are sufficient.

[0019] Next, desolventization processing of a sol is carried out. The solvent of the sol which heated and filled up the piezoelectric transducer with 80 degrees C is volatilized. SiO<sub>2</sub>-ZrO two-layer is formed in the front face of a piezoelectric transducer 10 of this.

[0020] If the above-mentioned immersing operation and stoving operation are repeated by turns, paint film defects, such as a pinhole, are lost, and the gas cutoff nature of a piezoelectric transducer 10 can improve further, and can obtain a desired thickness (0.1 micrometers - several 100 micrometers).

[0021] As a result of making drainage-system color ink breathe out by this example using the head which repeated the above-mentioned operation 3 times, insulation-ized the front face of a piezoelectric transducer by 0.6-micrometer SiO<sub>2</sub>-ZrO two-layer, and was manufactured, the ink regurgitation by which it was stabilized more than 5 million line (1 billion dots) was possible.

[0022] (Example 2) The alumina particle used for the front face and hole of a piezoelectric transducer 10 10% of the solid contents which distributed the isopropanol to the dispersion medium made into a principal component, viscosity 5cP (centipoise), and the alumina sol of 0.05 micrometers of mean particle diameters as an example 2.

[0023] First, it was immersed only in atmospheric pressure, without carrying out pressure operation, the piezoelectric transducer was heated at 80 degrees C, the solvent was volatilized, and the alumina layer was formed in the piezoelectric-transducer front face.

[0024] As a result of repeating the above-mentioned operation twice, insulation-izing the front face of thick \*\*\*\*\* in a 0.5-micrometer alumina layer and making the hot-melt ink always heated at 110 degrees C breathe out using the manufactured

head, the ink regurgitation by which it was stabilized more than 5 million line (1 billion dots) was possible.

[0025] (Example 3) The  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Na}_2\text{O}$  particle used for the front face and hole of a piezoelectric transducer 10 5% of the solid contents which distributed ethanol to the dispersion medium made into a principal component, viscosity 10c (centipoise), and the sol of 0.02 micrometers of mean particle diameters as an example 3.

[0026] First, the above-mentioned sol was applied on the surface of the piezoelectric transducer by the dipping, it heated at 120 degrees C, the solvent was volatilized, and the  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Na}_2\text{O}$  layer was formed in the thick \*\*\*\*\* front face.

[0027] As a result of repeating the above-mentioned operation 4 times, insulation-izing the front face of thick \*\*\*\*\* by 0.8-micrometer  $\text{SiO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Na}_2\text{O}$  layer and making the solvent ink which made the aliphatic hydrocarbon (tradename Isopar L, Exxon company make) of the high boiling point and a low volatility distribute a pigment breathe out using the manufactured head, the ink regurgitation by which it was stabilized more than 5 million line (1 billion dots) was possible.

[0028]

[Effect of the invention] According to this invention, it has the nozzle plate which has two or more nozzle openings, and the laminating type piezoelectric transducer which has been arranged behind this nozzle plate and which can be driven independently. In the ink-jet head which makes the record ink between a nozzle plate and a laminating type piezoelectric transducer breathe out. By forming the oxide layer of an electric insulation in the front face and hole of a laminating type piezoelectric transducer, it has the effect that a piezoelectric transducer can be perfectly intercepted from mixing of foreign matters, such as moisture and dust, contamination, disturbance, etc.

[0029] Moreover, there is no electric-insulation resistance degradation of a piezoelectric transducer, and it also has the effect of making possible the regurgitation which has endurance in a long period of time.

[0030] Moreover, since it can be stabilized and all the ink of drainage-system ink, solvent ink, and hot-melt ink can be made to breathe out, it also has the effect that a quantity quality of printed character and a high definition ink-jet head can be offered.

[0031] Furthermore, it also has the effect of offering the piezoelectric transducer excellent in thermal resistance.

[0032] Furthermore, since the residual stress of a piezoelectric transducer can be converged quickly, it also has the effect which raises the stability of an oscillation characteristic by leaps and bounds.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-217458

(43) 公開日 平成10年 (1998) 8月18日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

B 4 1 J 2/045

B 4 1 J 3/04 1 0 3 D

H 0 1 L 41/09

H 0 2 N 2/00 B

H 0 2 N 2/00

H 0 1 L 41/08 C

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-21855

(22) 出願日 平成9年 (1997) 2月4日

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 西脇 学

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコー

エプソン株式会社内

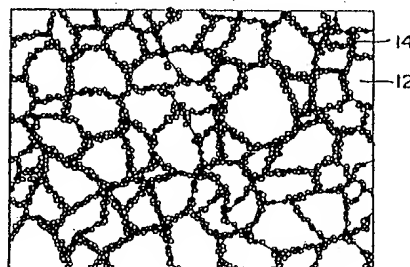
(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外 2 名)

(54) 【発明の名称】 圧電体素子及びこれを用いたアクチュエータ並びにインクジェット式記録ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 圧電体素子の耐電圧性を向上し、信頼性の高い圧電体素子を提供し、この圧電体素子を用いた信頼性の高いアクチュエータ及びインクジェット式記録ヘッドを提供する。

【解決手段】 下電極 1 1 と、下電極 1 1 上に形成された圧電体膜 1 2 と、圧電体膜 1 2 上に形成された上電極 1 3 と、を備えた圧電体素子 1 0 であって、少なくとも圧電体膜 1 2 の粒界露出領域に、圧電体膜 1 2 より低誘電率を備えた低誘電性物質 1 4 を形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下電極と、当該下電極上に形成された圧電体膜と、当該圧電体膜上に形成された上電極と、を備えた圧電体素子であって、少なくとも前記圧電体膜の粒界露出領域に、当該圧電体膜より低誘電率を備えた低誘電性物質が形成されてなる圧電体素子。

【請求項2】 前記圧電体膜の結晶体の粒界が、前記電極面に対して略垂直方向に存在してなる圧電体素子。

【請求項3】 前記圧電体膜は、チタン酸ジルコン酸鉛を主成分として構成されてなる請求項1または2記載の圧電体素子。

【請求項4】 前記圧電体膜の膜厚が、0.5  $\mu\text{m}$ 以上、5  $\mu\text{m}$ 以下である請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載の圧電体素子。

【請求項5】 前記低誘電性物質は、ペロブスカイト型構造を有さない結晶体からなる請求項1ないし請求項4のいずれか一項に記載の圧電体素子。

【請求項6】 前記低誘電性物質の構造式が、 $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$ （但し、AはPb、BはZrとTiを含む）、のパイロクロア構造である請求項3記載の圧電体素子。

【請求項7】 前記低誘電性物質が、非晶質である請求項3記載の圧電体素子。

【請求項8】 請求項1ないし請求項7のいずれか一項に記載の圧電体素子を振動子として備えたアクチュエータ。

【請求項9】 請求項8記載のアクチュエータを備えたインクジェット式記録ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、圧電体素子及びこれを用いたアクチュエータ並びにインクジェット式記録ヘッドに係り、特に耐電圧性が向上した圧電体素子及びこれを用いたアクチュエータ並びにインクジェット式記録ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来から、電気的エネルギーを機械的エネルギーに変換する素子として、圧電体膜を下電極と上電極とで挟んだ構造を備えた圧電体素子がある。この圧電体素子は、例えば、インクジェット式記録ヘッド等のアクチュエータとして使用されている。具体的には、このインクジェット式記録ヘッドは、一般に、多数の個別インク通路（インクキャビティやインク溜り等）を形成したヘッド基台と、全ての個別インク通路を覆うように前記ヘッド基台に取り付けた振動板と、この振動板の前記個別インク通路上に対応する各部分に被着形成した圧電体素子と、を備えて構成されている。この構成のインクジェット式記録ヘッドは、前記圧電体素子に電界を加えてこれを変位させることにより、個別インク通路内に収容されているインクを、個別インク通路に設けられたノズル板に形成されているインク吐出口から押出すよう

に設計されている。

【0003】 前記圧電体素子は、下電極と、この下電極上に形成された圧電体膜と、この圧電体膜上に形成された上電極とを備えて構成されている。ここで、前記圧電体膜の組成は、一般的に、チタン酸ジルコン酸鉛（以下、「PZT」という）を主成分とする二成分系、または、この二成分系のPZTに第三成分を加えた三成分系とされている。これらの組成の圧電体膜は、例えば、スパッタ法、ゾルゲル法、レーザアブレーション法及びCVD法等により形成することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前記従来の圧電体素子は、耐電圧性の向上に関して何等検討がなされておらず、圧電体素子に加えられた電界によっては、圧電体膜が絶縁破壊を起こす恐れがある。また、圧電体素子（圧電体膜）の圧電特性と、耐電圧性との関係も検討されていない。また、この圧電体膜を薄膜化すればするほど切実な問題である。

【0005】 本発明は、このような従来の問題点を解決することを課題とするものであり、圧電体素子の耐電圧性を向上し、信頼性の高い圧電体素子を提供することを目的とするものである。また、この圧電体素子を用いたアクチュエータ、さらには、このアクチュエータを用いたインクジェット式記録ヘッドを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 この目的を達成するために本発明は、下電極と、当該下電極上に形成された圧電体膜と、当該圧電体膜上に形成された上電極とを備えた圧電体素子であって、少なくとも前記圧電体膜の粒界露出領域に、当該圧電体膜より低誘電率を備えた低誘電性物質が形成されてなる圧電体素子を提供するものである。

【0007】 この構造を備えた圧電体素子は、前記低誘電性物質の存在により、電界が加えられた際に圧電体膜の結晶粒界にかかる電圧を、低誘電性物質が形成されていない場合に比較して低くすることができる。言い換えれば、圧電体膜の粒界を介して流れるリーク電流を減らすことができる。したがって、圧電体素子の耐電圧特性が向上される。

【0008】 前記圧電体膜の結晶体の粒界は、前記電極面に対して略垂直方向に存在することができる。

【0009】 また、前記圧電体膜は、チタン酸ジルコン酸鉛を主成分として構成することができる。

【0010】 そしてまた、前記圧電体膜の膜厚は、0.5  $\mu\text{m}$ 以上、5  $\mu\text{m}$ 以下にすることがより好ましい。

【0011】 また、前記低誘電性物質は、ペロブスカイト型構造を有さない結晶体から構成することができる。

【0012】 さらに、前記低誘電性物質は、その構造式が、 $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$ （但し、AはPb、BはZrとTiを含

む)のバイロクロア型構造とすることができる。また、前記低誘電性物質は、非晶質とすることができる。

【0013】さらに、本発明は、前述した構成を備えた圧電体素子を振動子として備えたアクチュエータを提供するものである。

【0014】さらにまた、本発明は、前記アクチュエータを備えたインクジェット式記録ヘッドを提供するものである。

【0015】

【発明の実施の形態】次に、本発明に係る好適な実施の形態について図面を参照して説明する。

【0016】図1は、本発明の実施の形態に係る圧電体素子の断面図、図2は、図1に示す圧電体素子を構成する圧電体膜(PZT膜)の表面を示す模式図、図3は、本発明の実施の形態に係る圧電体素子を振動板として用いたアクチュエータを備えたインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図、図4は、図3に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

【0017】図1及び図2に示すように、本発明に係る圧電体素子10は、下電極11と、下電極11上に形成された圧電体膜12と、圧電体膜12上であって、圧電体膜12の粒界露出領域及びその付近に形成され、圧電体膜12より低誘電率を備えた低誘電性物質14と、低誘電性物質14が形成された圧電体膜12上に形成された上電極13と、を備えて構成されている。

【0018】圧電体膜12の製造方法は後に詳述するが、その組成は以下に示す化学式のようにした。

【0019】

$PbTi\alpha Zr\beta(Mg_{1/3}Nb_{2/3})\gamma O_3 + \delta PbO$   
但し、 $\alpha=0.4$ 、 $\beta=0.5$ 、 $\gamma=0.1$

この圧電体膜12は、図1に示すように、柱状の結晶粒31で構成され、この結晶粒31間の粒界32は膜面に対して略垂直方向に存在する。

【0020】なお、この圧電体膜12及び低誘電性物質14の誘電率を測定したところ、圧電体膜12の比誘電率は、1200~2800であり、低誘電性物質14の比誘電率は、3~80であった。

【0021】本実施の形態に係るインクジェット式記録ヘッドは、図3に示すように、複数のインク室2が形成された単結晶シリコン基板1と、単結晶シリコン基板1上に二酸化シリコン膜3を介して形成された圧電体素子10と、インク室2の前記と反対側の面を封止するとともに、インク吐出用のノズル口8が形成されたノズル板7と、を備えて構成されている。このインクジェット式記録ヘッドは、圧電体素子10を振動板としたアクチュエータを備えている。

【0022】なお、本実施の形態では、インク室2の配列方向の長さを100 $\mu m$ 、その奥行き方向の長さを4mmに設定した。さらに、インク室2の配列方向のピッチは141 $\mu m$ とし、解像度は180dpi(dot per

inch)とした。また、圧電体膜12の配列方向の長さを80 $\mu m$ に設定した。

【0023】次に、このインクジェット式記録ヘッドの製造方法を図4に示す工程に沿って説明する。

【0024】図4(1)に示す工程では、面方位(110)を有する単結晶シリコン基板1(基板厚:220 $\mu m$ )を、1200℃程度の温度で湿式熱酸化し、単結晶シリコン基板1の上面に二酸化シリコン膜3を、下面に二酸化シリコン膜4を同時に形成する。

10 【0025】次に、二酸化シリコン膜3上に、白金下電極形成用膜11A、圧電体膜形成用膜12A及び上電極形成用膜13Aを、順に形成する。実際には、二酸化シリコン膜3と、白金下電極形成用膜11Aとの間に、両者の密着力を向上させるための中間膜として、チタン膜(膜厚:250Å)、二酸化チタン膜(膜厚:200Å)及びチタン膜(膜厚50Å)を順に形成した。この中間層と、白金下電極形成用膜11Aは、直流スパッタリング法により4層連続形成した。なお、二酸化チタン膜は、10%酸素雰囲気によるリアクティブスパッタリング法によって形成した。

20 【0026】圧電体膜形成用膜12Aの形成は、-まず、化学式

$PbTi\alpha Zr\beta(Mg_{1/3}Nb_{2/3})\gamma O_3 + \delta PbO$   
但し、 $\alpha=0.4$ 、 $\beta=0.5$ 、 $\gamma=0.1$

で表わされる有機原料を調合する。次に、回転塗布機を用い、この有機原料を白金下電極形成用膜11A上に回転塗布(スピンコート)した後、これを180℃で10分間乾燥し、次いで、400℃の大気中で30分間脱脂する。この有機原料の塗布、乾燥、脱脂工程を6回繰り返す。その後、RTA(Rapid Thermal Annealing)を用いて、650℃で3分間、次いで900℃で1分間の連続焼成を行う。このようにして、膜厚が約1 $\mu m$ のPZT膜からなる圧電体膜形成用膜12Aを得る。

30 【0027】この圧電体膜形成用膜12Aは、その結晶体の粒界が、下電極11の表面に対して略垂直方向に存在している。また、この圧電体膜形成用膜12Aの粒界露出領域及びその付近には、圧電体膜形成用膜12Aより低誘電率を備えた低誘電性物質14が形成された。

40 【0028】次に、圧電体膜形成用膜12A上に、白金からなる上電極形成用膜13Aを直流スパッタリング法により、200nmの膜厚で形成する。

【0029】次いで、二酸化シリコン膜4上に、フォトレジスト膜(図示せず)を形成し、このフォトレジスト膜のインク室2が形成される領域に対応する部分を選択的に除去し、エッチングマスク(図示せず)を形成する。次に、このエッチングマスクをマスクとして、二酸化シリコン膜4を、フッ酸とフッ化アンモニウムの水溶液でパターニングし、開口部23を形成する。

50 【0030】次に、図4(2)に示す工程では、上電極形成用膜13A上の、上電極が形成される領域に対応する



部分に、エッチングマスク（図示せず）を形成する。次いで、このエッチングマスクをマスクとして、イオンミリングにより上電極形成用膜13A及び圧電体膜形成用膜12Aをエッチングし、上電極13及び圧電体膜12を形成する。次に、白金下電極形成用膜11Aをパターニングして下電極11を得る。このようにして、下電極11、圧電体膜12、低誘電性物質14及び上電極13からなる圧電体素子10を形成した。

【0031】次に、図4(3)に示す工程では、単結晶シリコン基板1の圧電体素子10が形成されている側を治具により保護する（図示せず）。次いで、これを80℃の水酸化カリウム水溶液に浸漬し、開口部23が形成された二酸化シリコン膜4をマスクとして、二酸化シリコン膜3が露出するまで単結晶シリコン基板1に異方性エッチングを行う。

【0032】ここで、前記異方性エッチングのエッチング溶液として水酸化カリウム水溶液を用いた場合、単結晶シリコン基板1の(110)面と(111)面のエッチング速度の比は、300:1程度となり、単結晶シリコン基板101の厚さ220 $\mu$ mの深さの溝をサイドエッチング1 $\mu$ m程度に抑えることができるので、インク室2を精度よく形成することができる。

【0033】次に、前記治具を固定した状態のまま二酸化シリコン膜4と、露出された二酸化シリコン膜3を、フッ酸とフッ化アンモニウム水溶液でエッチング除去し、インク室2を形成した。その後、所望の工程を行い、インクジェット式記録ヘッドを完成する。

【0034】低誘電性物質14は、透過型電子顕微鏡や電子線回析による解析によると、元素構成は前記圧電体膜12と同じであるが、結晶性は、圧電体膜12がペロ

ブスカイト型であるのに対して、低誘電性物質14は非晶質あるいはパイロクロア構造であった。

【0035】この低誘電性物質14は、前記圧電体膜12の焼成による結晶成長過程で生じた余剰組成物が、図1の圧電体結晶粒31が成長するにしたがって、粒界32へと追いやられ、最終的に隣接結晶粒31が接合し、粒界32が閉じた時点で、粒界32を介して表層面に押出されて形成されていると思われる。

【0036】低誘電性物質14の生成量の程度は、圧電性膜の原組成や焼成条件等により変動するが、前記組成と焼成条件により直線的に変化するので、任意の生成量に制御することができる。

【0037】なお、本実施の形態では、低誘電性物質14は図2に示すように、圧電体膜12の粒界露出領域及びその付近に形成した場合について説明したが、これに限らず、例えば、図5に示すように、圧電体膜12のほぼ全面に形成されていてもよく、また、粒界露出領域のみに形成されていてもよい。

【0038】次に、本実施の形態に係る圧電体膜12を示す化学式において、余剰のPbのモル比( $\delta$ )を表1に示す値となるように圧電体膜を形成したインクジェット式記録ヘッドを形成した（サンプル1～5）。

【0039】次に、これらのサンプルに対し、圧電体膜の表面形態、圧電特性及び絶縁破壊電圧を調査した。この結果を表1に示す。

【0040】なお、圧電体膜の表面形態は、TEM（透過型電子顕微鏡）により観察した結果を模式的に表したものである。

【0041】

【表1】

サンプル No	Pb比 ( $\delta$ )	圧電特性 $d_{31}$ (pC/N)	絶縁破壊電圧 V	表面状態	備考
No. 1	0	76	61	図5	発明品
No. 2	0.05	107	50		発明品
No. 3	0.10	118	51	図2	発明品
No. 4	0.15	120	30		比較品
No. 5	0.20	83	23	図6	比較品

【0042】表1に示すように、本発明に係るインクジェット式記録ヘッド（サンプル1～3）は、比較品（サンプル4及び5）に比べ、絶縁破壊電圧が高く、耐電圧性が向上したことが判る。これは、本発明に係るインクジェット式記録ヘッドは、圧電体素子に電界を加えた際に、前記低誘電性物質の存在により、圧電体膜の結晶粒界にかかる電圧が低くなるため、結果的に高い電圧がかかっても絶縁破壊が起きにくくなるためである。

【0043】なお、本実施の形態では、低誘電性物質の結晶構造が非晶質である場合について説明したが、これ

に限らず、低誘電性物質の結晶構造は、例えば、パイロクロアであってもよい。

【0044】また、本実施の形態では、圧電体膜を、前述した化学式で示されるPZTから構成した場合について説明したが、これに限らず、圧電体膜は、他の化学式で表わされる組成のPZT等、圧電体素子を構成可能な特性を備えていれば、特に限定されるものではない。

【0045】さらにまた、本実施の形態で説明した製造方法は、一例であり、少なくとも圧電体膜の粒界露出領域に、当該圧電体膜より低誘電率を備えた低誘電性物質

が形成されれば、任意に変更してよいことは勿論である。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る圧電体素子は、これに電界を加えた際に、少なくとも圧電体膜の粒界露出領域に形成された低誘電性物質の存在により、圧電体膜の結晶粒界にかかる電圧を、低誘電性物質が形成されていない場合と比較して低くすることができる。すなわち、圧電体膜の粒界を介して流れるリーク電流を減らすことができるため、圧電体膜が絶縁破壊を起こすことを防止することができる。この結果、圧電体素子の耐電圧性を向上し、信頼性の高い圧電体素子を提供することができる。

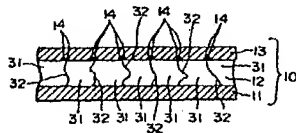
【0047】また、この圧電体素子を使用することで、信頼性の高いアクチュエータ、インクジェット式記録ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

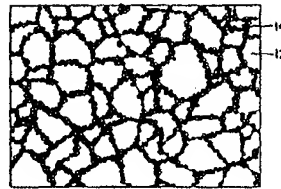
【図1】本発明の実施の形態に係る圧電体素子の断面図である。

【図2】図1に示す圧電体素子を構成する圧電体膜（PZT膜）の表面を示す模式図である。

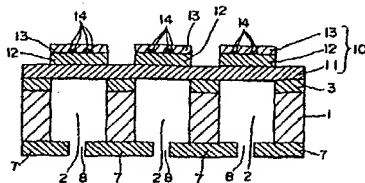
【図1】



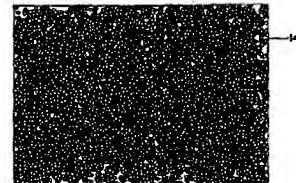
【図2】



【図3】



【図5】



【図3】本発明の実施の形態に係る圧電体素子を振動板として用いたアクチュエータを備えたインクジェット式記録ヘッドの一部を示す断面図である。

【図4】図3に示すインクジェット式記録ヘッドの製造工程を示す断面図である。

【図5】本発明の他の実施の形態に係る圧電体素子を構成する圧電体膜（PZT膜）の表面を示す模式図である。

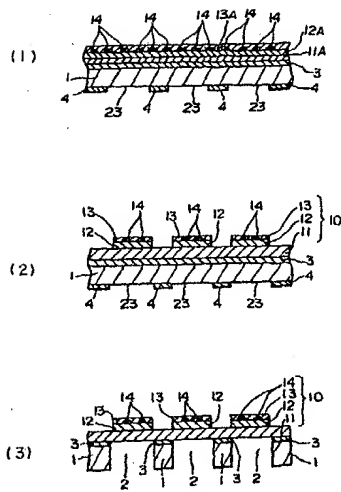
【図6】従来の圧電体素子を構成する圧電体膜（PZT膜）の表面を示す模式図である。

【符号の説明】

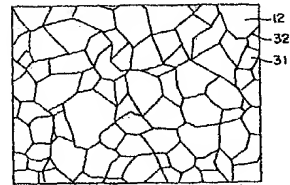
- 1 単結晶シリコン基板
- 2 インク室
- 3、4 二酸化シリコン膜
- 7 ノズル板
- 8 ノズル口
- 10 圧電体素子
- 11 下電極
- 12 圧電体膜
- 13 上電極
- 14 低誘電性物質



【図4】



【図6】



Boundary is  $\text{AlB}_2\text{O}_7$